

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2020

Michal Zajíc

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Válečkové dopravníky pro robotizovaná pracoviště

Roller Conveyors for Robotized Workplaces

Student: Michal Zajíc

Osobní číslo: ZAJ0099

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robotiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Zajíc**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Téma: **Válečkové dopravníky pro robotizovaná pracoviště**
Roller Conveyors for Robotized Workplaces
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Proved'te analýzu současného stavu řešené problematiky.
2. Navrhněte válečkový dopravník dle instrukcí vedoucího práce.
3. Navržený dopravník detailně rozpracujte.
4. Práci doplňte podrobnou technickou a výpočtovou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (dle pokynů vyučujícího).

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Burkovič, J. *Projektování a provoz RTP*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2004. 110 s. ISBN 80-248-0709-2.
2. Talácko, J.-Matička, R. *Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů*. ČVUT, Praha, 1995. 236 s. ISBN 80-01-01291-3.
3. Burkovič, J. *Navrhování robotizovaných montážních linek*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008. 163 s. ISBN 978-80-24-1869-6.
4. ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
5. ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milan Mihola, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020

prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísečné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2020


.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020

.....
Podpis autora práce

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ZAJÍC, M. Válečkový dopravník pro robotizovaná pracoviště: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2020. Vedoucí práce: doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D

Bakalářská práce se zabývá analýzou a návrhem válečkového dopravníku pro robotizovaná pracoviště. V teoretické části se nachází analýza současného stavu a rozdělení válečkových tratí s krátkým popisem konstrukce a použití. Válečkové tratě jsou pak dále rozděleny podle možností jejich pohonu. V druhé části práce je konstrukční řešení válečkového dopravníku, který je udělaný podle parametrů v požadavkovém listu. První se určí velikost dopravníku a základní rozměry válečků. Následně probíhá návrh pohonu s výpočtem potřebné síly a výběr dostatečně výkonného motoru. Podle pohonu jsou poté vybrány jednotlivé komponenty tak, aby mezi sebou byli kompatibilní. Komponenty jsou následně detailně zpracované. Dopravník je vytvořen v 3D modelu, ze kterého jsou udělány sestavné a výrobní výkresy.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

ZAJÍC, M. Roller Conveyors for Robotized Workplaces: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2020. Thesis head: doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D

The aim of this thesis is analysis and design of roller conveyor for robotized workspaces. In the theoretical part is located analysis of current status, division of roller tracks with short description of construction and usage. Roller conveyors are then divided by their propulsion possibilities. In the next area of this work is constructional solutions of roller conveyor, which is made according to parameters from required sheet. Then there is design of propulsion with calculation of needed force and selection of a sufficiently powerful engine. According to propulsion are then selected individual components in such way, that they are compatible. Components are then detailed. Roller conveyor is created in 3D model, from which are made assembly and production drawings.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	9
Seznam tabulek	10
Seznam obrázků	11
Úvod	13
1 Historie	14
2 Rozdělení dopravníků	15
2.1 Dopravníky s tažným elementem	16
2.1.1 Pásový dopravník	16
2.1.2 Článekový dopravník	16
2.1.3 Korečkové dopravníky – elevátory	17
2.1.4 Podvěsné dopravníky	18
2.1.5 Vozíkové okružní dopravníky	19
2.1.6 Pohyblivé schodiště	19
2.2 Dopravníky bez tažného elementu	20
2.2.1 Dopravníky válečkové	20
2.2.2 Dopravníky šnekové	20
2.2.3 Dopravník vibrační	21
3 Válečkové dopravníky	22
3.1 Válečkový dopravník gravitační	22
3.2 Válečkový dopravník poháněný	23
3.2.1 Motorový váleček (rollerdrive)	24
3.2.2 Hřídelový pohon	25
3.2.3 Pohon tečným řetězem	25
3.2.4 Pohon řetězovými smyčkami z válečku na váleček	26
3.2.5 Pohon tečným řemenem	26
4 Požadavkový list	27
5 Konstrukce	28
5.1 3D model	28
5.2 Šířka dopravníku	30
5.3 Délka dopravníku	30

5.4	Výška dopravníku	30
5.5	Počet válečků na dopravníku.....	30
5.6	Válečky.....	31
5.6.1	Hnací válečky	31
5.6.2	Válečky hnané	36
5.7	Bočnice.....	37
5.8	Řemínky	38
5.9	Ochrana prstů	40
5.10	Stojan.....	41
5.11	Řídicí jednotka	43
5.1	Zdroj.....	44
6	Závěr	46
	Seznam použité literatury.....	47
	Seznam příloh.....	49

Seznam použitých značek a symbolů

$F_{k,max}$	maximální síla působící od krabice	[N]
F_p	síla pro pohon	[N]
g	gravitační síla	[N]
$h_{v,hc,max}$	maximální nosnost hnacího válečku	[N]
$h_{v,hn,max}$	maximální nosnost hnaného válečku	[N]
$h_{v,min}$	minimální nosnost válečků	[N]
k_{ns}	bezpečnost nosnosti stojanu	[-]
$k_{v,hc}$	bezpečnost nosnosti hnacího válečku	[-]
$k_{v,hn}$	bezpečnost nosnosti hnaného válečku	[-]
L_d	délka dopravníku	[mm]
m	hmotnost krabice	[kg]
$m_{2,5}$	hmotnost 2,5 krabice	[kg]
m_b	hmotnost bočnice	[kg]
m_c	celkové zatížení dopravníku	[kg]
m_d	maximální zatížení dopravníku	[kg]
m_{hc}	hmotnost hnacího válečku	[kg]
m_{hn}	hmotnost hnaného válečku	[kg]
M_v	potřebný moment válečku Rollerdrive	[Nm]
n_{kd}	maximální počet krabic na dopravníku	[-]
n_v	počet válečků na dopravníku	[-]
P_{max}	maximální rozteč válečků	[mm]
r	poloměr válečku	[mm]
$\check{s}_{k,min}$	minimální šířka krabice	[mm]
μ	součinitel tření	[-]

Seznam tabulek

Tab. 4.1: Parametry dopravníku	27
Tab. 5.1: Parametry hnacího válečku [21]	32
Tab. 5.2: Parametry řemínku [17]	38
Tab. 5.3: Hmotnosti pro výpočet zatížení	42

Seznam obrázků

Obr. 1.1: Dopravník v historii [6]	14
Obr. 2.1: Pásový dopravník [7]	16
Obr. 2.2: Článekový dopravník [8]	17
Obr. 2.3: Korečkový dopravník [9]	17
Obr. 2.4: Podvěsný dopravník [10]	18
Obr. 2.5: Vozíkový dopravník [1]	19
Obr. 2.6: Pohyblivé schodiště	19
Obr. 2.7: Válečkový dopravník	20
Obr. 2.8: Šnekový dopravník [13]	21
Obr. 2.9: Vibrační dopravník [15]	21
Obr. 3.1: Válečkový dopravník gravitační – přímý	22
Obr. 3.2: Konstrukční části válečku rollerdrive [19]	24
Obr. 3.3: Válečkový dopravník s válečkem rollerdrive [17]	24
Obr. 3.4: Válečkový dopravník s hřídelovým pohonem [23]	25
Obr. 3.5: Válečkový dopravník s pohonem tečným řetězem [14]	25
Obr. 3.6: Válečkový dopravník s pohonem řetězovými smyčkami z válečku na váleček [16]	26
Obr. 3.7: Válečkový dopravník s pohonem tečným řemenem [16]	26
Obr. 4.1: Délka balíku [20]	27
Obr. 5.1: Celkový dopravník	28
Obr. 5.2: Popis dopravníku	29
Obr. 5.3: Schéma rozteče válečků	31
Obr. 5.4: Rollerdrive, průměr 50 mm [21]	32
Obr. 5.5: Schéma potřebné síly pro pohon	33
Obr. 5.6: Schéma výpočtu momentu	33
Obr. 5.7: Zakončení PolyVee	34
Obr. 5.8: Rozměry válečku RollerDrive[17]	34
Obr. 5.9: Rozměry hnaného válečku [17]	36
Obr. 5.10: Bočnice v programu Creo	37
Obr. 5.11: Řemínek PolyVee [17]	38
Obr. 5.12: Umístění řemíků	39
Obr. 5.13: Finger guard [17]	40

Obr. 5.14: Stojan RM 8841 [17]	41
Obr. 5.15: Řídicí jednotka [17]	43
Obr. 5.16: Zdroj [17]	44
Obr. 5.17: Uložení zdroje	45

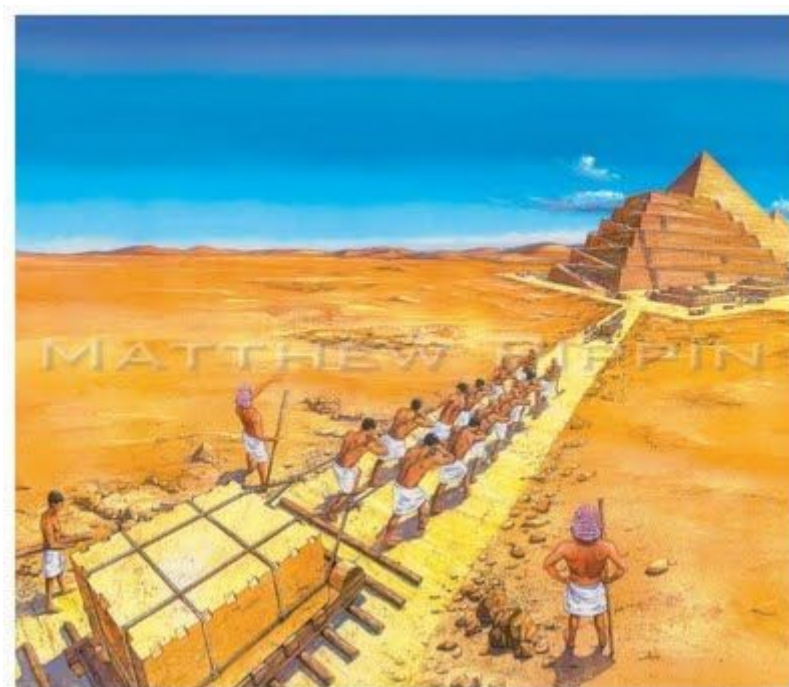
Úvod

Dopravník je zařízení určené pro vodorovnou, úklonnou nebo svislou přepravu nákladu z místa A na místo B. Náklad může být kusový (dochází k přepravě v pravidelných dávkách) nebo sypký (plynulý tok materiálu). Při přepravě se většinou nemění fyzikální vlastnosti ani složení nákladu. U první skupiny dopravníků je většina jeho částí v klidu a pohybuje se pouze náklad a část zařízení (unášecí prostředek). Unášecí prostředek se pohybuje s nákladem a přenáší síly od nákladu do nosné konstrukce. V druhé skupině dopravníků se náklad pohybuje bez unášecího prostředku. U válečkového dopravníku je zajištěn pohyb nákladu otáčením válečků, které jsou uloženy pevně v bočnici.

Na dopravnících se přepravuje při výrobě skoro všechno zboží, které najdete v supermarketech, obchodních centrech, hobby centrech a ostatních moderních obchodech, kde se obvykle nesetkáme s čistě ručně vyráběnými výrobky.

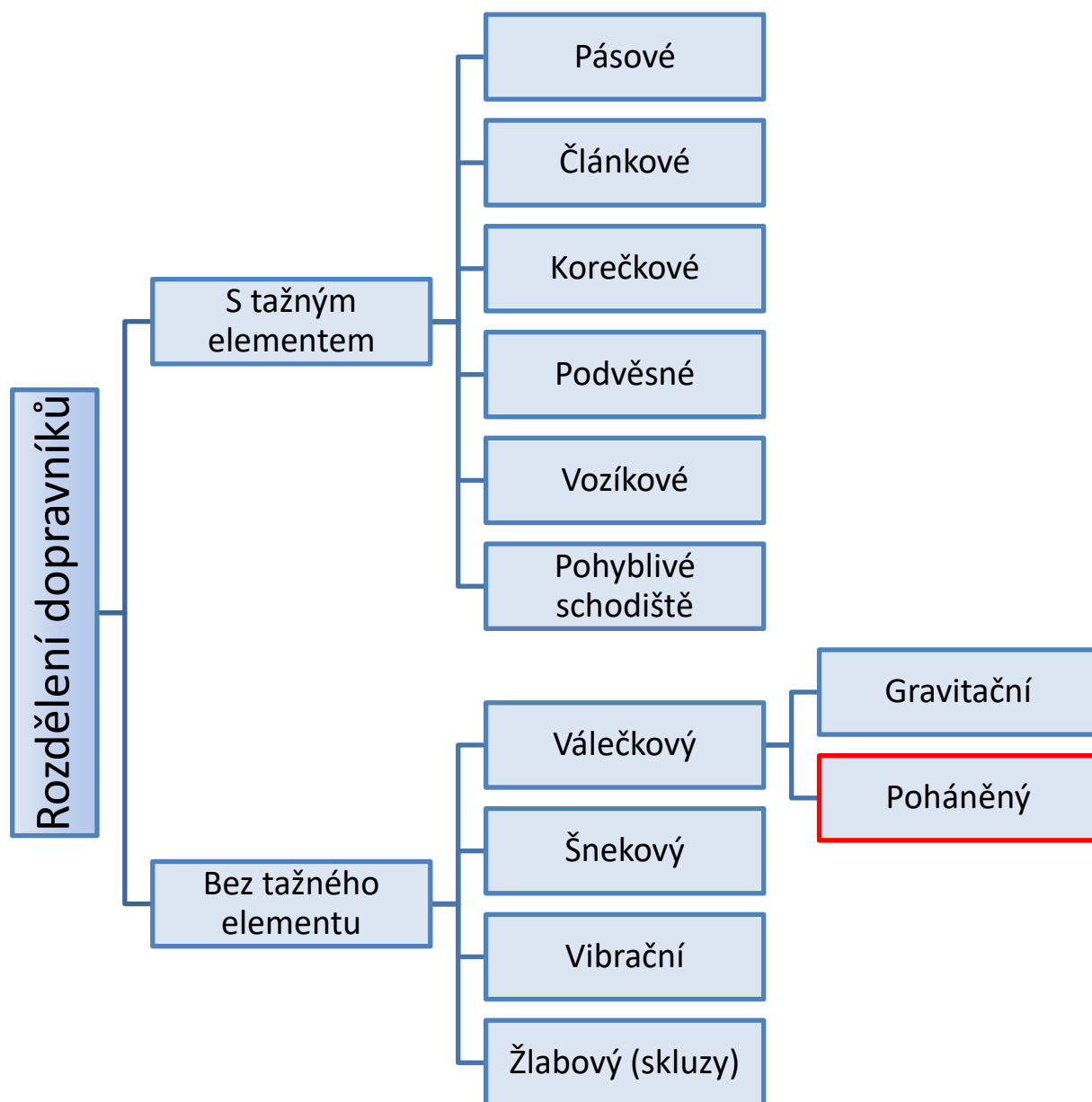
1 Historie

Dopravníky byly historicky jednou z prvních automatizačních komponent hromadné sériové výroby. Jeden z prvních, kdo použil při výrobě dopravník, byl Henry Ford. Zavedení tzv. pásové výroby umožnilo výrazně zvýšit rychlost a snížit náklady na výrobu dnes legendárního automobilu Ford T, který si pak mohlo dovolit koupit více lidí než doposud. Moderní dopravníky tak již oslavují více jak 100 let existence a postupně se neustále vylepšují s tím, jak jsou vyvíjeny a zdokonalovány materiály i elektronika. Nicméně první prostředky, připomínající dopravníky existovaly již ve středověku, tedy daleko před průmyslovou revolucí, buď jako nepoháněné nebo poháněné lidskou, zvířecí, větrnou nebo vodní silou. Např. přeprava velkých kvádrů jejich podkládáním dřevěnými válečky při stavbě pyramid ve starém Egyptě, by se mohlo uvádět jako první příklad použití tzv. nepoháněného válečkového dopravníku. [4]



Obr. 1.1: Dopravník v historii [6]

2 Rozdělení dopravníků



2.1 Dopravníky s tažným elementem

Dopravníky s tažným elementem jsou zařízení, při kterých dopravovaný materiál nevykonává žádný relativní pohyb vzhledem k tažnému elementu, tj. materiál je přepravován spolu s tažným elementem. [3]

2.1.1 Pásový dopravník

Tažným elementem je pás, na kterém je dopravovaný materiál nebo předměty.

Využití: doprava sypkých materiálů a drobných kusových předmětů

Konstrukční části: nosná konstrukce, dopravní pás (ocelový/pryžový), hnací + hnaný buben, horní + dolní válečky, poháněcí ústrojí, napínací ústrojí



Obr. 2.1: Pásový dopravník [7]

2.1.2 Článkový dopravník

Jsou charakteristické dvojicí řetězů, které jsou navzájem propojeny plochými nebo tvarovanými články, které vytváří spojené článkové pásmo. Článkové pásmo je umístěno mezi napínacím a poháněcím řetězovým kolem. Typ a materiál článků se volí podle přepravovaného materiálu. [3]

Využití: doprava těžších břemen při menší rychlosti než u pásových dopravníků a doprava kusových předmětů větší hmotnosti, hrubých, ostrohranných i horkých materiálů

Konstrukční části: nosná konstrukce, 2 řetězy, hnací + hnané ozubená kola, nosné desky (dřevěné/ocelové), poháněcí ústrojí, napínací ústrojí



Obr. 2.2: Článkový dopravník [8]

2.1.3 Korečkové dopravníky – elevátory

Korečkové dopravníky jsou otevřené nebo zavřené. Slouží pro přepravu materiálů v šikmém nebo svislém směru. Pro běžné použití se používají pro přepravní výšku do 40 metrů. Materiál je přepravován v nádobkách určitého tvaru a objemu – korečkách. Korečky jsou pevně přichyceny k tažnému elementu. [3]

Využití: doprava sypkých nebo malých kusových materiálů do větších výšek, materiál dopravuje pouze vzhůru

Konstrukční části: hnací + hnaný buben, hnací řetěz, korečky



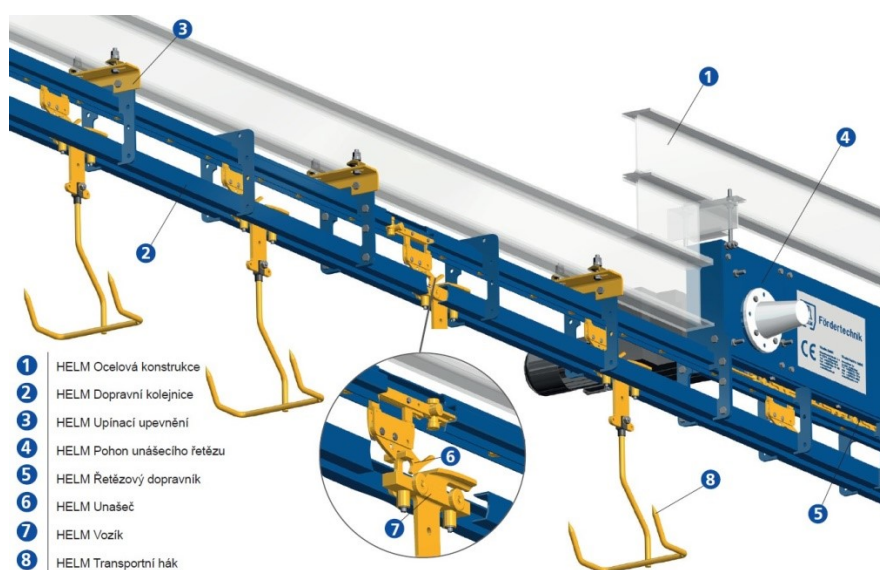
Obr. 2.3: Korečkový dopravník [9]

2.1.4 Podvěsné dopravníky

U podvěsných dopravníků je tažný element umístěný buď pod nosnou drahou, nebo v ní. Tažným elementem bývá nejčastěji řetěz, výjimečně lano. Dráha slouží k vedení, nesení tažného elementu, závěsu a přepravovaného předmětu.[3]

Využití: Při hromadné a plynulé výrobě, např. při montáži automobilů, v textilním průmyslu atd. Nezabírají půdorysnou plochu a dají se dobře přizpůsobit technologickému postupu

Konstrukční části: vozíky, nosná dráha s kolejkami, řetěz, pohon

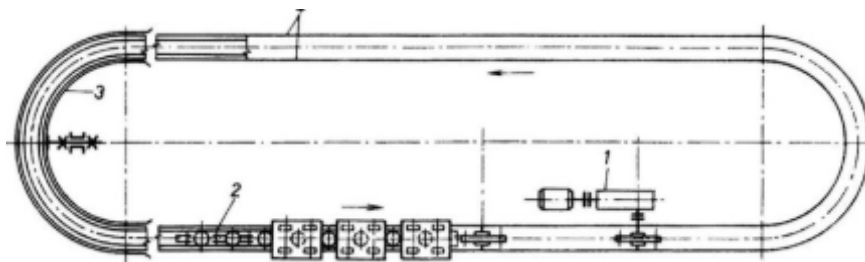


Obr. 2.4: Podvěsný dopravník [10]

2.1.5 Vozíkové okružní dopravníky

Využití: doprava těžkých břemen v technologických procesech s plynulým nebo přerušovaným provozem (např. hromadná výroba výkovků nebo odlitků)

Konstrukční části: složeno ze soustavy vozíků, vzájemně spojených bezkoncovým kloubovým řetězem. Motor s převodovkou, hnací a hnaná řetězová kola se speciálním řetězem a unášecí, opírajícími se o kladky tažného řetězu.

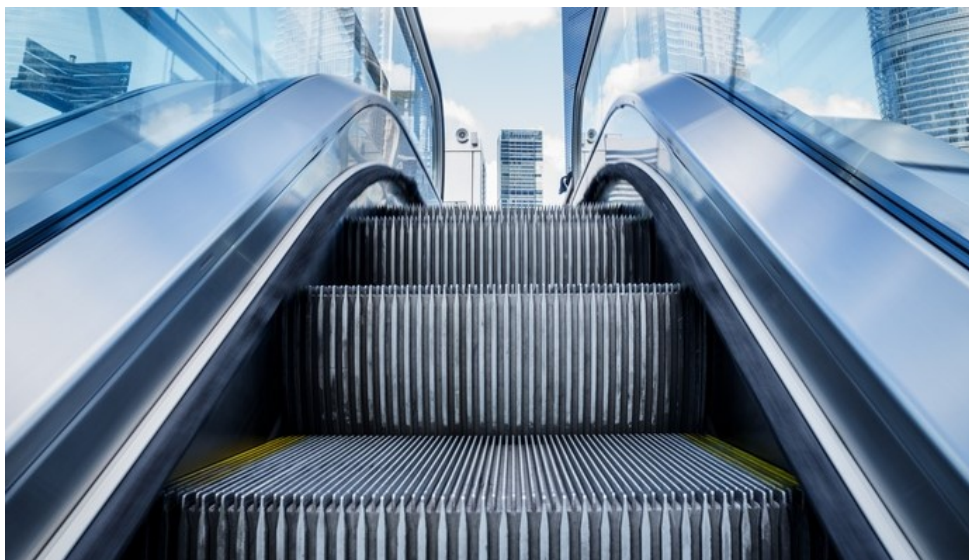


Obr. 2.5: Vozíkový dopravník [1]

2.1.6 Pohyblivé schodiště

Využití: k přepravě osob v podzemních drahách, v obchodních domech aj.

Konstrukční části: podstatu tvoří článkový dopravník s články tvaru stupňů



Obr. 2.6: Pohyblivé schodiště

2.2 Dopravníky bez tažného elementu

Dopravníky bez tažného elementu jsou zařízení, při kterých dopravovaný materiál vykonává pohyb vzhledem k tažnému elementu, tj. materiál je přepravován, zatímco tažný element setrvává ve stálé poloze. [3]

2.2.1 Dopravníky válečkové

Válečkové dopravníky dopravují předměty pomocí rotace soustav válečků.

Využití: k dopravě kusových předmětů, např. odlitků, výkovků nebo polotovarů a výrobků uložených v bednách

Konstrukční části: válečky (nebo kuželíky) uložené v nehybném rámu. Pohon může být ruční, gravitační (samospádem), nebo motorový (nepohání všechny válečky).



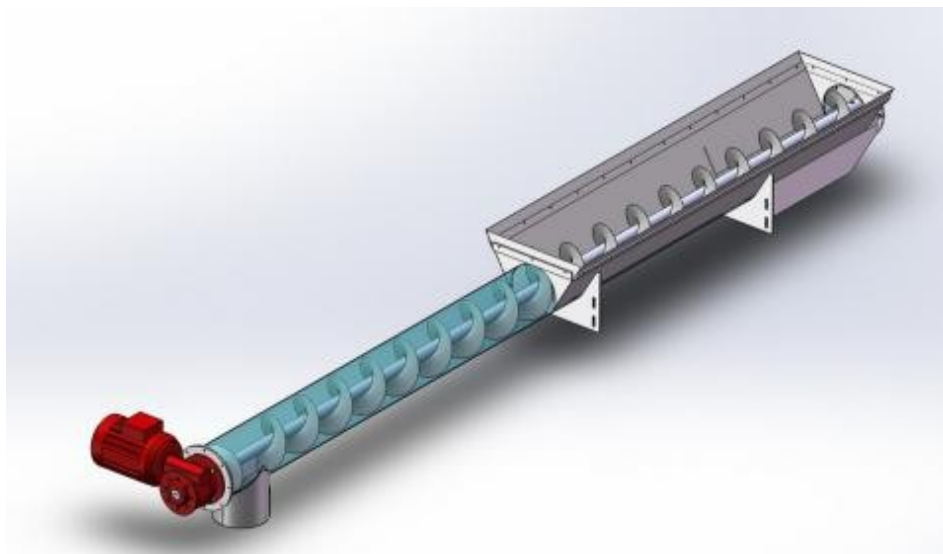
Obr. 2.7: Válečkový dopravník

2.2.2 Dopravníky šnekové

Patří k nejstarším typům dopravníků. V praxi jsou oblíbené pro svou jednoduchost. Skládá se pouze ze tří částí. Žlab je nosným a částečně i dopravním prvkem šnekového dopravníku. Pro vodorovnou dopravu je použit průřez ve tvaru U. Pro šikmou dopravu s větším stoupáním se používají žlaby s kruhovým průřezem. Šnek je hlavním dopravním prvkem dopravníku, jehož otáčením je materiál posouván vpřed. Materiál je zároveň při posunu promícháván. [3]

Využití: pro dopravu sypkých a zrnitých materiálů vodorovně nebo do malých výšek

Konstrukční části: ocelový žlab, šnek, elektromotor



Obr. 2.8: Šnekový dopravník [13]

2.2.3 Dopravník vibrační

Vibrační dopravníky pracují na principu působení setrvačných sil na částice přepravovaného materiálu. [3]

Využití: pro šetrnou horizontální dopravu sypkých, zrnitých a kusových materiálů

Konstrukční části: dopravní žlab, budič kmitů, nosná konstrukce



Obr. 2.9: Vibrační dopravník [15]

3 Válečkové dopravníky

Válečkové dopravníky se používají pro kusovou přepravu předmětů a mohou být poháněné nebo nepoháněné. V případě nepoháněných dopravníků se zboží pohybuje díky gravitační síle, nebo manuálním posunem. Poháněné dopravníky jsou opatřeny pohonem, který prostřednictvím různých variant konstrukce pohání válečky. Konstrukce dopravníků a použitých válečků závisí zejména na rozměrech a hmotnosti dopravovaného materiálu. [5]

3.1 Válečkový dopravník gravitační

Je to klasická válečková trať, která se skládá z několika základních částí a konstrukce je poměrně snadná. Základ tvoří 2 bočnice postavené proti sobě, mezi kterými jsou uloženy válečky. Dále je mezi bočnicemi namontována výztuha, jejíž primární účel je držet bočnice dohromady. Dále je už jen zespodu namontovaný stojan, který nám zajišťuje danou výšku a sklon dopravníku. Gravitační trať může být dále vybavena o různé technologické doplňky jako třeba boční vedení, koncový doraz, pojezdová kola, různé senzory atd. [2][3][22]

Využití: Válečkové gravitační tratě patří díky své jednoduchosti, spolehlivosti a nízké ceně mezi nejpoužívanější způsoby přepravy kusového materiálu např. plastových přepravek, kartonů, EUR palet apod. Tyto dopravníky se používají především v mezioperační dopravě, ve skladech nebo při nakládání a vykládání dopravovaného materiálu (výroba, montáž, expedice).



Obr. 3.1: Válečkový dopravník gravitační – přímý

3.2 Válečkový dopravník poháněný

Pohon válečků musí být zajištěn dostatečně dimenzovaným pohonem s vhodným převodem (řetězem, ozubeným či pásovým řemenem, řemínkem, nebo může být váleček poháněn vlastním elektromotorem). Poháněny mohou být válečky všechny naráz, nebo periodicky se opakující skupina válečků.

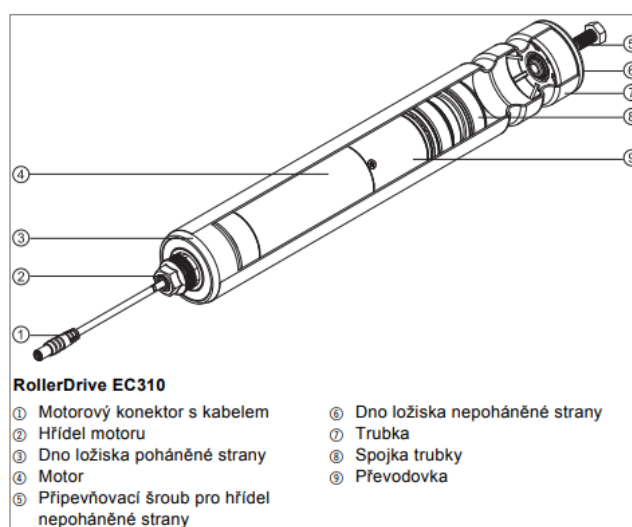
Podobně jako u nepoháněných tratí je konstrukce sestavena z řady otočných válečků uložených do nosného rámu (bočnic) podepřeného vhodnými stojany, nebo nosným rámem.

Mezi hlavní konstrukce patří poháněné volné válečky, kde vnější síla působí na obvodu válečku, otočně uloženého na hřídeli, který je neotočně uložen v rámu. Opakem jsou poháněné tratě s pevnými válečky, u nichž váleček je pevně spojen s hřídelem v jeden celek. Třetí typ poháněných tratí jsou tratě s prokluznými válečky, u kterých pouzdro válečku není pevně spojeno s hnacím hřídelem (je uloženo kluzně - vzniká čepové tření). Hnací hřídel je uložený na valivých ložiskách a otáčí se na hřídeli připevněnému k rámu tratě. Zastaví-li se předmět, plášť válečků se neotáčí, hnací hřídel prokluzuje v pouzdru válečku a otáčí se na ložiskách uložených na hřídeli válečku. [2][3][22]

3.2.1 Motorový váleček (rollerdrive)

Jeden, nebo více válečků v trati jsou speciálního typu tzv. rollerdrive váleček, který je motorový, a pohání ostatní válečky tratě pomocí kruhových řemínků, nebo ozubených řemenů.

- motoricky poháněné válečky umožňují snadný a přesný posuv hlavně těžkých materiálů
- plynulá volba rychlosti posuvu pomocí frekvenčního měniče umožňuje plynulý rozjezd a přesný dojezd posouvaného materiálu
- přenosná ovládací jednotka umožňuje optimální polohu pracovníka při přesném najíždění na požadovanou délku
- celková stabilní konstrukce



Obr. 3.2: Konstrukční části válečku rollerdrive [19]



Obr. 3.3: Válečkový dopravník s válečkem rollerdrive [17]

3.2.2 Hřídelový pohon

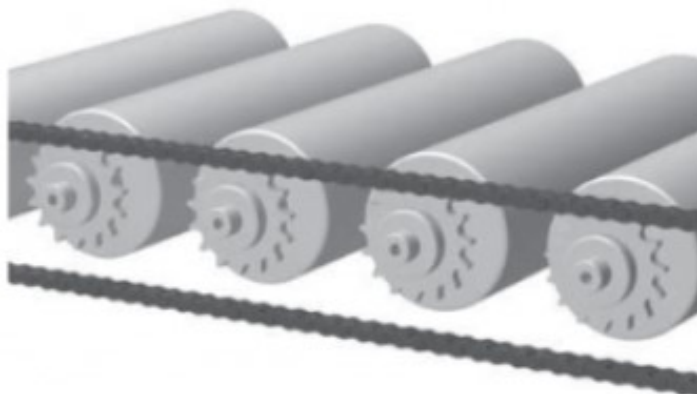
Válečky jsou poháněny z hnací hřídele pomocí kruhových řemíků. Hnací hřídel je napojena na elektromotor, který hřídelí otáčí. Kruhové řemínky jsou mezi hřídelí a válečkem zkříženy o 90°.



Obr. 3.4: Válečkový dopravník s hřídelovým pohonem [23]

3.2.3 Pohon tečným řetězem

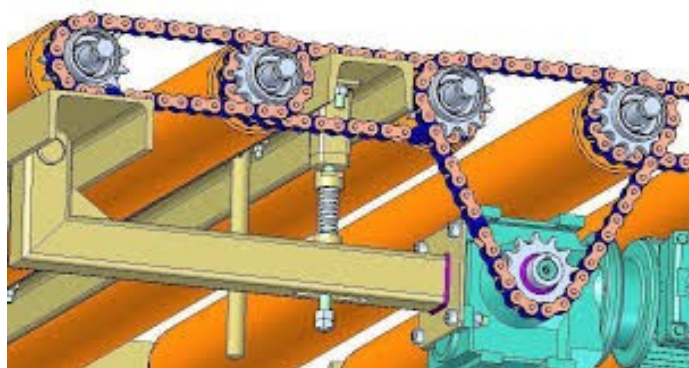
Jsou použity válečky s ozubenými koly na konci válečku. Válečky jsou poháněny jedním společným řetězem. Ten je tažen zespod válečků a tvoří nekonečnou smyčku. Řetěz přitlačí k válečkům lišta vyrobená z plastu speciálních povrchových vlastností, které umožňují, aby řetěz snadno klouzal po jejím povrchu.



Obr. 3.5: Válečkový dopravník s pohonem tečným řetězem [14]

3.2.4 Pohon řetězovými smyčkami z válečku na váleček

Jsou použity válečky s ozubenými koly, které jsou propojeny mezi sebou krátkými řetězovými smyčkami. Tyto smyčky spojují k sobě vždy dva válečky. Na určitých dvou válečcích je potom jedna řetězová smyčka svedena dolů na výstup pohonu.



Obr. 3.6: Válečkový dopravník s pohonem řetězovými smyčkami z válečku na váleček [16]

3.2.5 Pohon tečným řemenem

Pod válečky je zespod tažen řemen, který se tečně dotýká válečků a díky tření je hybná síla řemene přenášena na válečky. Sílu může zvýšit volba materiálu, ze kterých je váleček vyroben.



Obr. 3.7: Válečkový dopravník s pohonem tečným řemenem [16]

4 Požadavkový list

Dopravník bude sloužit pro přepravu kartonových krabic na poště. Umístění bude v hale, kde je neprašné prostředí s nízkou vlhkostí. Dopravník pojede plynule a bez zastavování. Přepravní plocha je rovná (bez sklonu).

Parametry:

Maximální hmotnost krabice	30 kg
Minimální rozměry krabice (D x Š x V)	35 x 15 x 5 cm
Maximální šířka krabice	1 m
Maximální výška krabice	1 m
Maximální délka krabice	2,4 m
Výška dopravníku	0,79 m
Rychlost dopravníku	0,5 m/s
Délka dopravníku	9 m
Teplota okolí	15 – 35 °C

Tab. 4.1: Parametry dopravníku

Krabice jsou děleny do 4 kategorií podle rozměrů. Malé balíky velikosti S jsou přepravovány na pásovém dopravníku, proto válečkový dopravník bude sloužit pouze pro velikosti M, L, XL.

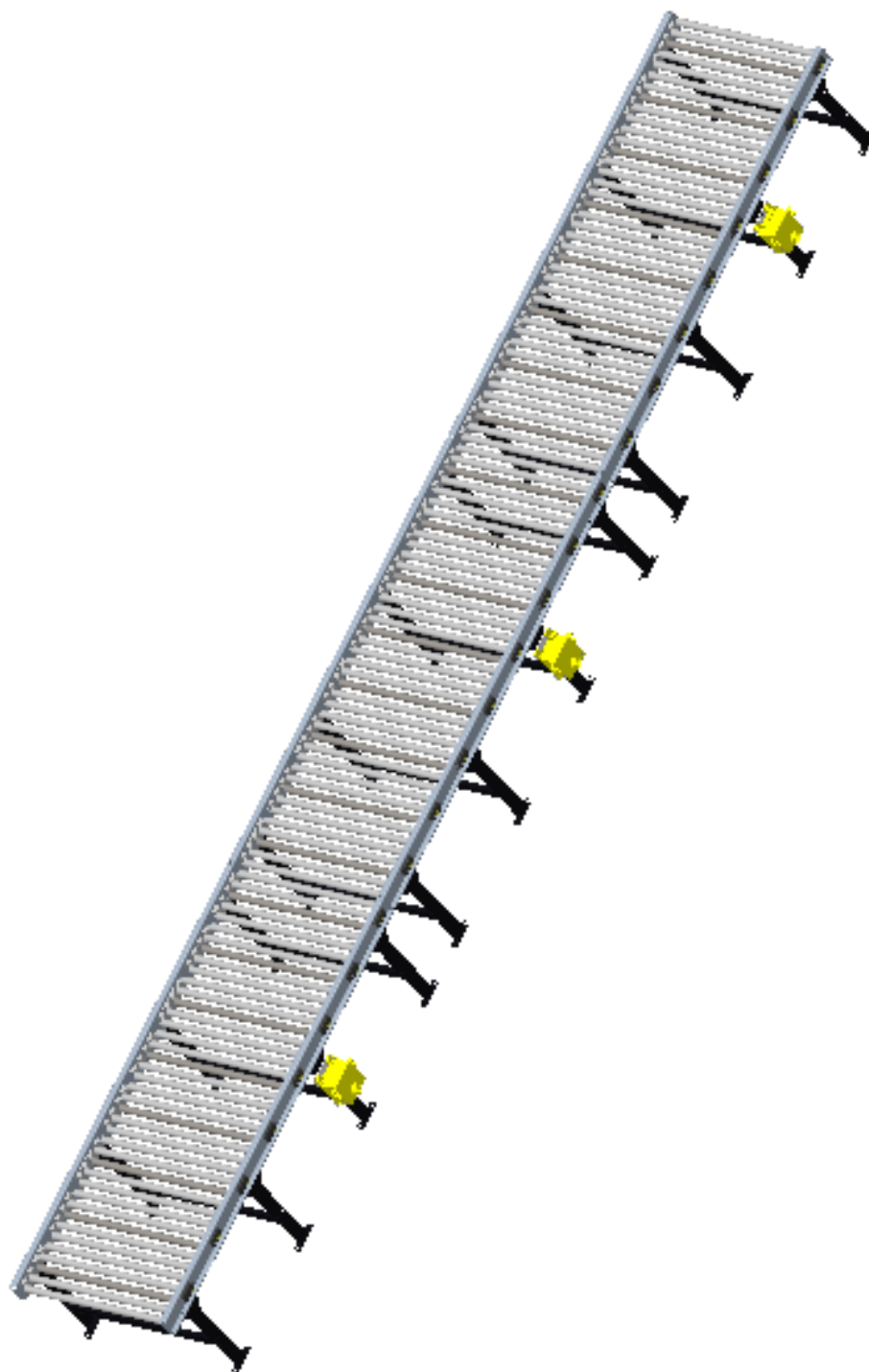


Obr. 4.1: Délka balíku [20]

5 Konstrukce

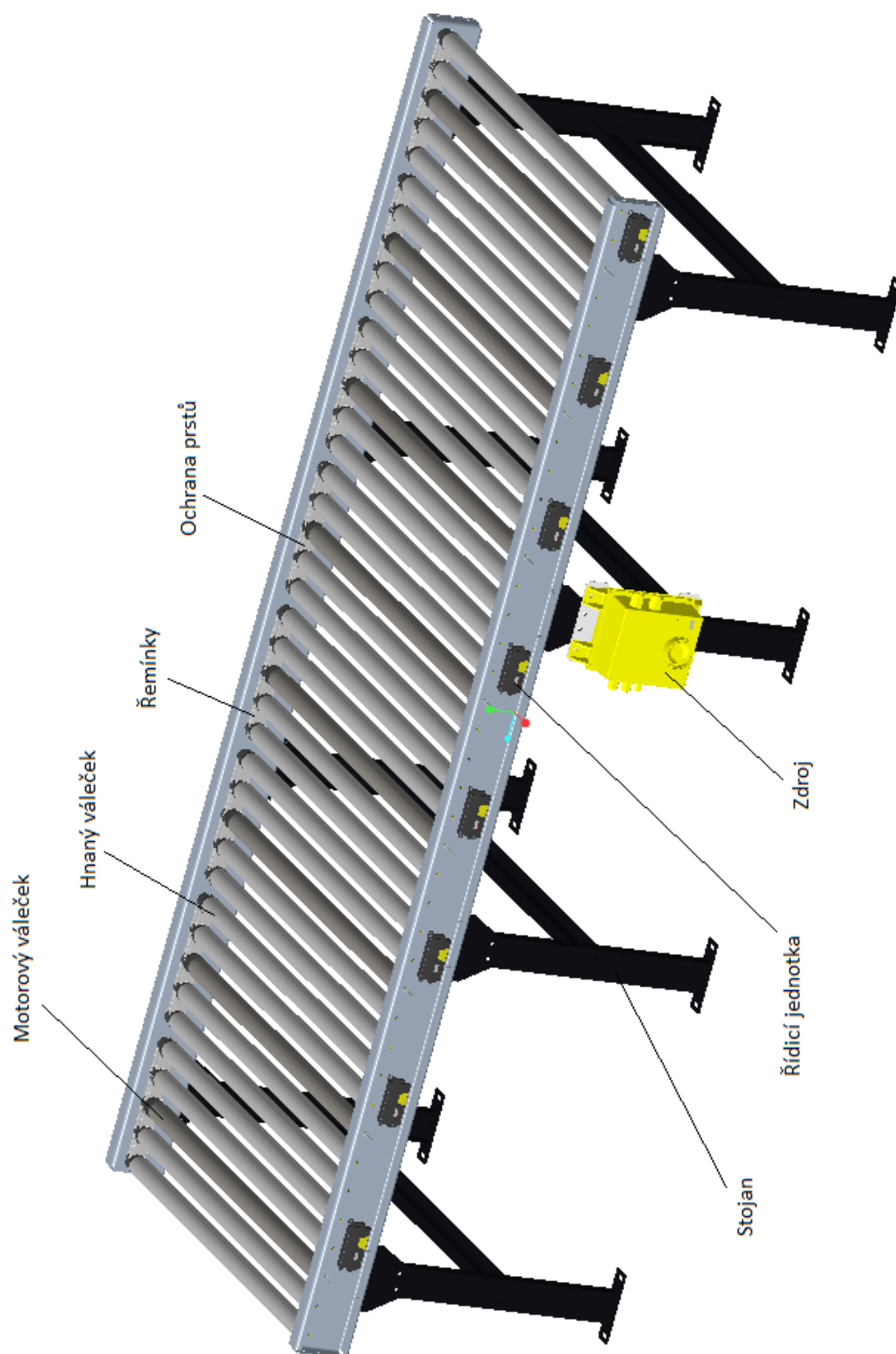
5.1 3D model

Model byl vytvořen v programu Creo. Z modelu byly následně vytvořeny sestavné a výrobní výkresy.



Obr. 5.1: Celkový dopravník

Vzhledem ke své délce 9 m byl dopravník rozdělen na 3 menší samostatné dopravníky. Tyto menší dopravníky se spojí pomocí šroubů umístěných v bočnicích k sobě.



Obr. 5.2: Popis dopravníku

5.2 Šířka dopravníku

Šířka dopravníku vychází z rozměrů krabic, které se na dopravníku budou přepravovat a jejich parametry jsou následující:

Maximální šířka krabice: 1000 mm

Kvůli nepřesnostem při manipulaci byla stanovena činná délka válečků:

Činná délka válečků: 1100 mm

5.3 Délka dopravníku

Délka dopravníku je stanovena dle požadavkového listu na 9 metrů. Při takto dlouhém dopravníku je obtížná jeho manipulace a převoz. Kvůli tomu je dopravník rozdělen na 3 menší dopravníky o délce 3 metry a následně tyto části spojeny do jednoho celku.

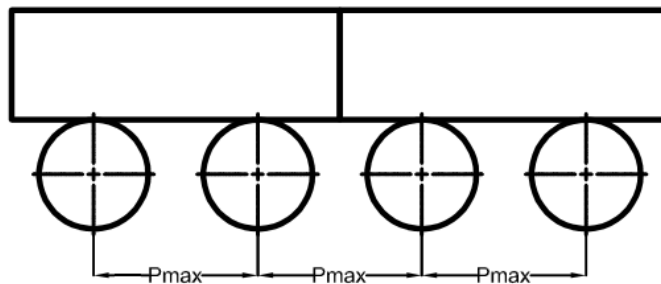
5.4 Výška dopravníku

Dle požadavkového listu je výška dopravníku stanovena na 0,79 metru. Kvůli možné změně výšky při provozu v budoucnu je výška dopravníku stavitelná.

5.5 Počet válečků na dopravníku

Pro stabilitu je potřeba zajistit, aby krabice byla vždy minimálně na dvou válečcích. U krabic do délky jednoho metru není třeba brát ohled na umístění šířky a délky krabice na válečky. Z toho důvodu je potřeba přizpůsobit rozteč válečků na menší z těchto rozměrů. U délky nad jeden metr musí být zajištěno, aby krabice byla vložena na dopravník podélně.

Maximální rozteč válečků:



Obr. 5.3: Schéma rozteče válečků

$$P_{max} = \frac{\check{s}_{k,min}}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ mm} \quad (1)$$

kde: $\check{s}_{k,min}$ je minimální šířka krabice

Počet válečků na dopravníku:

$$n_v = \frac{L_d}{P_{max}} = \frac{3000}{75} = 40 \quad (2)$$

kde: L_d je délka dopravníku, P_{max} je max. rozteč válečků

5.6 Válečky

5.6.1 Hnací válečky

Pro lepší využití prostoru je zvolen pohon pomocí válečků Rollerdrive. Tyto válečky jsou dostatečně výkonné, díky umístění motoru přímo ve válečku nezabírají další prostor a při poruše je možnost snadné výměny.

Válečky jsou zvoleny Interroll EC 5000 s průměrem 50 mm a ochranou IP54. Dopravník bude v neprašném prostředí s nízkou vlhkostí, proto je ochrana IP54 dostačující. Rozmezí teplot, pro které je dopravník vhodný je od 0 do 40°C.



EC 5000

ø 50 mm, cylindrical, IP54, for
0 to +40 °C

Obr. 5.4: Rollerdrive, průměr 50 mm [21]

Váleček je nabízen na napětí 24V nebo 48V a výkon 20W, 35W nebo 50W. Byla zvolena varianta s napětím 48V a výkonem 35W.

Pro takto zvolený výkon se pohybuje převodový poměr od 9:1 do 108:1. Pro požadovanou rychlost 0,5 m/s je vybrán poměr 30:1.

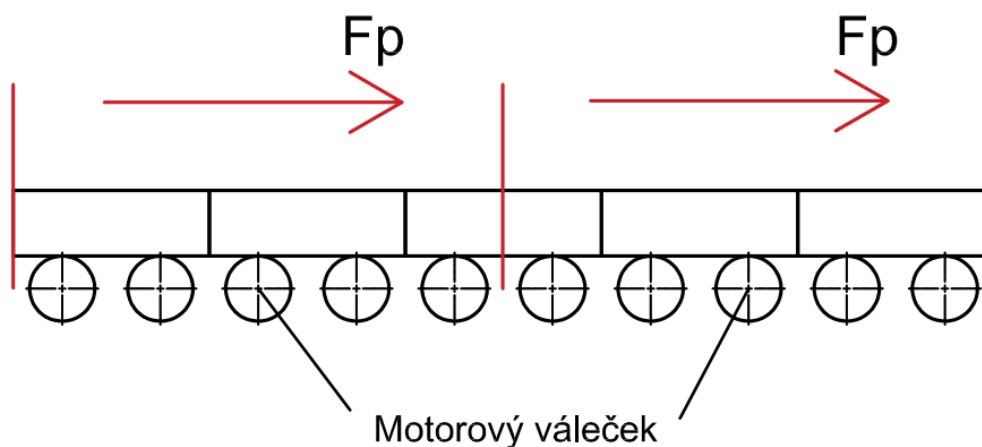
Parametry válečku Rollerdrive:

Napětí	48 V
Výkon	35 W
Převodový poměr	30:1
Maximální dopravní rychlost	0,6 m/s
Minimální dopravní rychlost	0,03 m/s
Jmenovitý krouticí moment	1,49 Nm
Zrychlující moment	3,74 Nm
Brzdňý moment	3,74 Nm

Tab. 5.1: Parametry hnacího válečku [21]

Pro plynulý chod je třeba určit počet válečků Rollerdrive. Umístění válečků je zvoleno: jeden váleček Rollerdrive a k němu čtyři další hnané válečky připojené pomocí řemínek. Při tomto umístění bude na dopravníku 8 válečků Rollerdrive a 32 hnaných válečků. Jeden váleček Rollerdrive tak musí zajistit pohon pro 2,5 krabice.

Síla pro pohon:

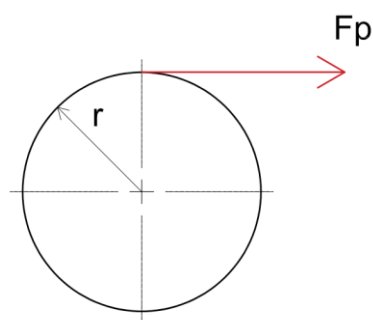


Obr. 5.5: Schéma potřebné síly pro pohon

$$F_p = \mu \cdot m_{2,5} \cdot g = 0,075 \cdot 75 \cdot 9,81 = 55,2 \text{ N} \quad (3)[17]$$

kde: μ je součinitel tření, $m_{2,5}$ je hmotnost 2,5 krabice, g je gravitační zrychlení

Potřebný moment válečku Rollerdrive:



Obr. 5.6: Schéma výpočtu momentu

$$M_v = F_p \cdot r = 55,2 \cdot 25 = 1380 \text{ Nmm} \rightarrow 1,3 \text{ Nm} \quad (4)$$

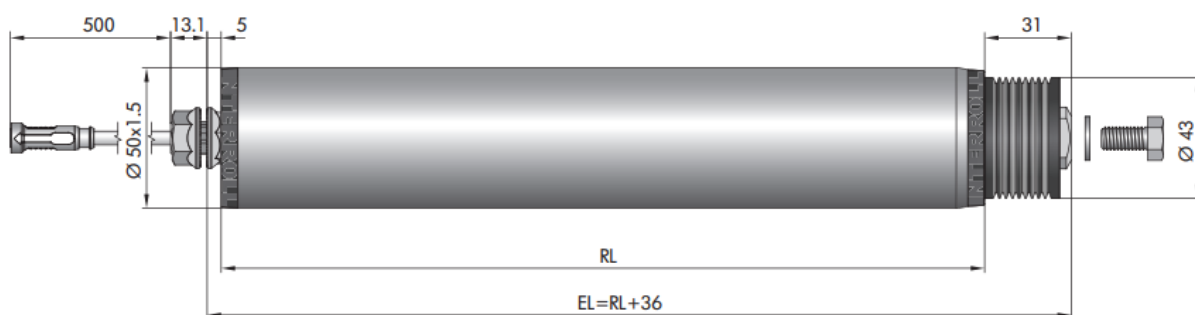
kde: F_p je síla pro pohon, r je poloměr válečku

Jmenovitý moment hnacího válečku je 1,49 Nm, výkon je dostačující.

Zakončení válečku je typu PolyVee. Toto zakončení umožňuje použít řemínky pro spojení hnaných válečků.



Obr. 5.7: Zakončení PolyVee



Obr. 5.8: Rozměry válečku RollerDrive[17]

$$\mathbf{RL = 1100\ mm}$$

$$\mathbf{EL = 1136\ mm}$$

Podle délky válečku je určeno maximální zatížení. Pro zakončení typu PolyVee je nosnost stanovena na 350 N.

Krabice je podepírána minimálně dvěma válečky. Hmotnost krabice je proto rozložena minimálně do dvou válečků.

Maximální síla působící od krabice:

$$\mathbf{F_{k,max} = m \cdot g = 30 \cdot 9,81 = 294,3\ N} \quad (5)$$

kde: m je hmotnost krabice, g gravitační zrychlení

Minimální nosnost válečku:

$$h_{v,min} = \frac{F_{k,max}}{2} = \frac{294,3}{2} = 147,15 \text{ N} \quad (6)$$

kde: $F_{k,max}$ je max. síla působící od krabice

Bezpečnost nosnosti hnacího válečku:

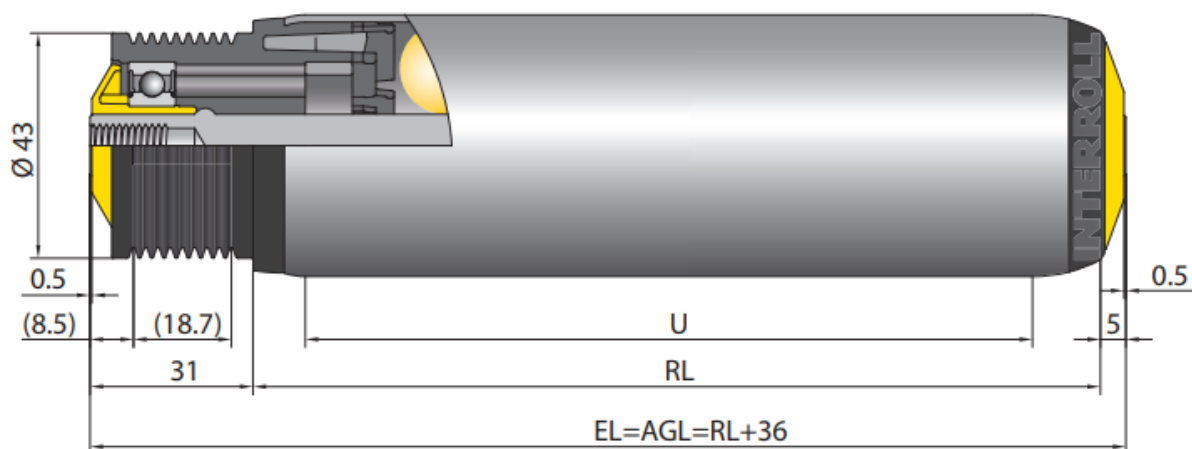
$$k_{v,hc} = \frac{h_{v,hc,max}}{h_{v,min}} = \frac{350}{147,15} = 2,38 \quad (7)$$

kde: $h_{v,hc,max}$ je max. nosnost hnacího válečku, $h_{v,min}$ min. nosnost válečku

Nosnost válečku Rollerdrive je více než 2x větší. Krabice jsou přepravovány bezpečně.

5.6.2 Válečky hnané

Hnané válečky jsou Interroll série 3500. Zakončení je také typu PolyVee.



Obr. 5.9: Rozměry hnaného válečku [17]

$$U = 1077 \text{ mm}$$

$$RL = 1100 \text{ mm}$$

$$EL = 1136 \text{ mm}$$

Nosnost hnaných válečků je díky absenci motoru větší, je stanovena na 2000 N. Max. rychlost je 2 m/s, to je 4x více než bude použito.

Bezpečnost nosnosti hnaného válečku:

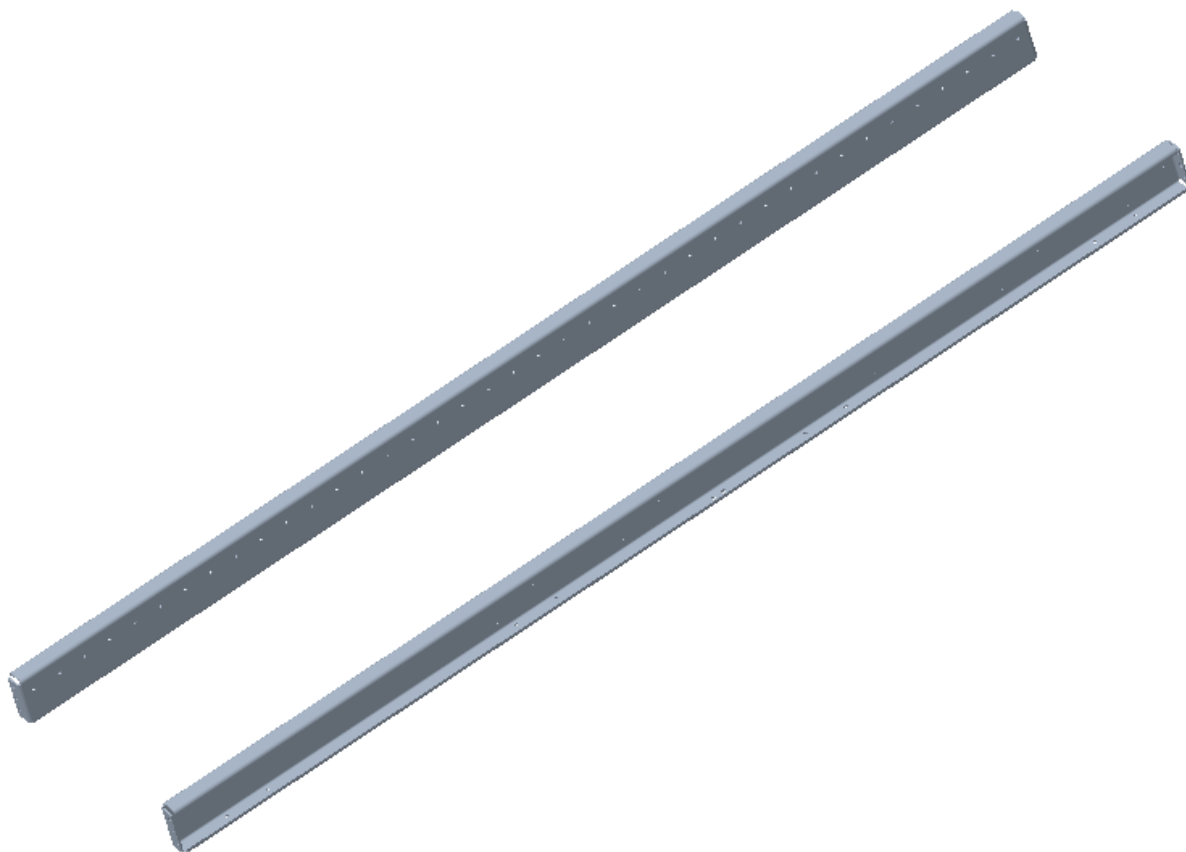
$$k_{v,hn} = \frac{h_{v,hn,max}}{h_{v,min}} = \frac{2000}{147,15} = 13,6 \quad (8)$$

kde: $h_{v,hn,max}$ je max. nosnost hnaného válečku, $h_{v,min}$ min. nosnost válečku

Hnaný váleček snese několikanásobně větší zatížení, než je potřeba.

5.7 Bočnice

Pro uložení válečků je potřeba vytvořit pravou a levou bočnici. Tyto prvky jsou udělány z plechu o tloušťce 5 mm. Do plechu jsou vyvrtány díry o různých průměrech. Díry na přední straně slouží pro upevnění válečků a pro montáž řídicích jednotek. Zespod jsou díry pro montáž stojanů a z boku pak na propojení dopravníků k sobě. Plech je následně ohnut do požadovaných rozměrů. Hmotnost bočnice je 28,5 kg.



Obr. 5.10: Bočnice v programu Creo

5.8 Řemínky

Podle typu zakončení na válečcích, jsou také zvoleny řemínky Interroll PolyVee.



Obr. 5.11: Řemínek PolyVee [17]

Řemínky se vyrábí ve dvou provedeních a to dvou nebo tří žebrové. Dále se liší jejich délka v závislosti na rozteči válečků.

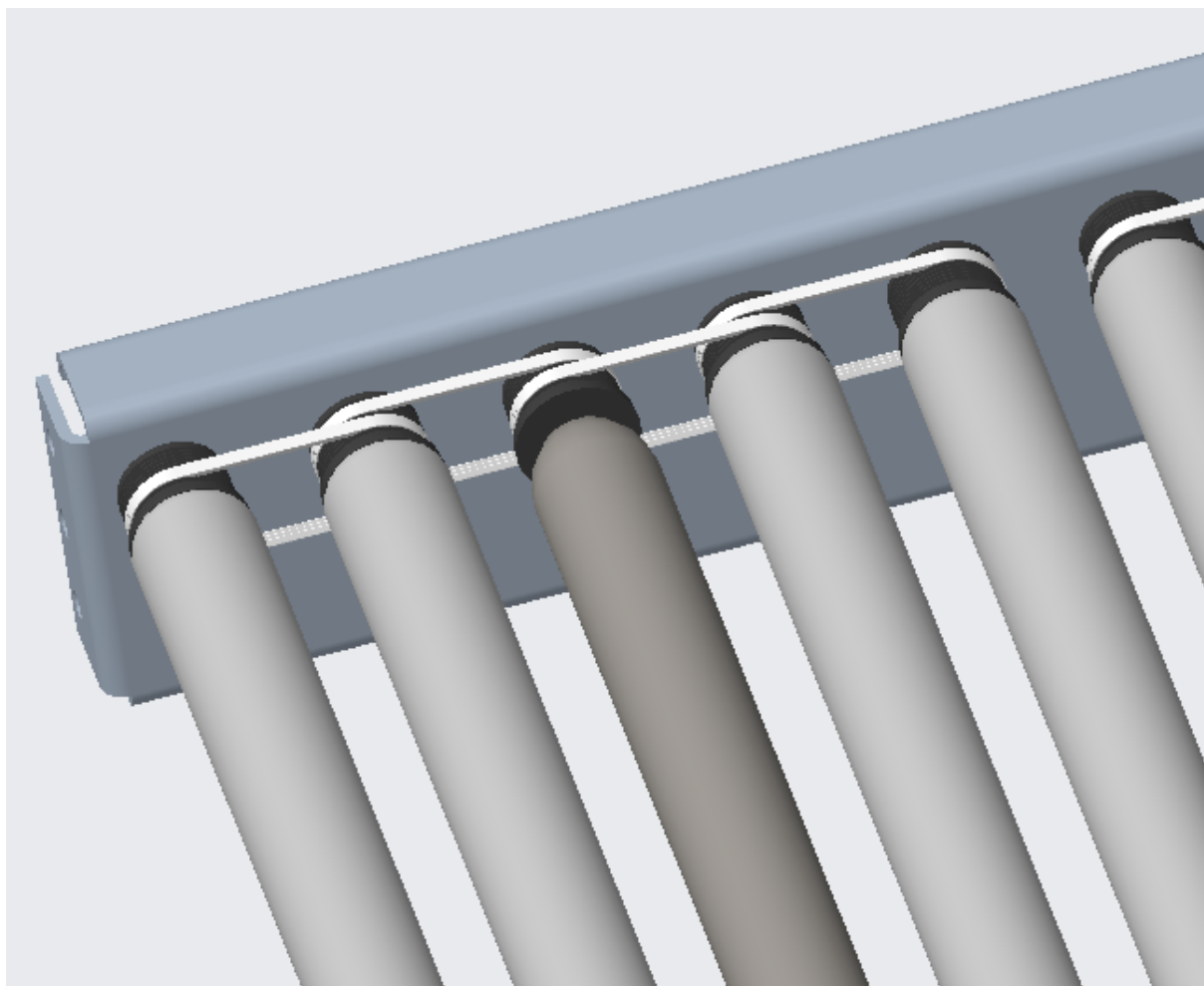
Parametry zvoleného řemínku:

Počet žeber	3
Délka podle rozteče	75 mm
Max. nosnost přepravovaného materiálu	300 kg

Tab. 5.2: Parametry řemínku [17]

Umístění na dopravníku

Pomocí řemínků jsou spojeny vždy jen čtyři další válečky, které pohání jeden RollerDrive. Dopravník je tak rozdělen do 8 sektorů po pěti válečkích. Při tomto řešení se nemůže stát, že by jeden RollerDrive brzdil nebo naopak zrychloval ostatní a tím by mohlo docházet k přetížení válečku a následně k jeho poruše. V sektorech, každý RollerDrive řídí rychlost pouze na svých válečkích. Toto řešení má výhodu v tom, že jednotlivé úseky můžou mít jinou rychlost nebo se můžou i zastavit.



Obr. 5.12: Umístění řemínků

5.9 Ochrana prstů

Pro větší bezpečnost jsou mezi řemínkem PolyVee a hnací hlavou válečku umístěné chrániče, které chrání prsty před neúmyslným sáhnutím mezi řemínek a hlavu válce. Mezi výhody produktu patří: rychlá instalace a demontáž bez nutnosti šroubových spojů, zapadá do jakéhokoli bočního vedení.



Obr. 5.13: Finger guard [17]

Produkt je vyráběn ve dvou variantách podle rozteče válečků. U rozteče 75 mm má chránič následující rozměry:

Rozměry ochrany prstů pro rozteč 75 mm viz. Příloha VI.

5.10 Stojan

Stojany drží ložnou plochu dopravníku v určité výšce. Dále slouží k upevnění dopravní techniky k podlaze. Stojan musí mít dostatečnou nosnost, aby nedošlo k deformaci.

Byl vybrán stojan Interroll RM 8841. Tento stojan má nosnost 200 kg a jeho výška je plynule nastavitelná od 450 do 800 mm. Pro větší tuhost je uprostřed montována jedna vzpěra. Na dopravník jsou použity čtyři tyto stojany.



Obr. 5.14: Stojan RM 8841 [17]

Maximální počet krabic na dopravníku:

$$n_{kd} = \frac{L_d}{\check{s}_{k,min}} = \frac{3000}{150} = 20 \quad (9)$$

kde: L_d je délka dopravníku, $\check{s}_{k,min}$ je min. šířka krabice

Maximální zatížení dopravníku:

$$m_d = m \cdot n_{kd} = 30 \cdot 20 = 600 \text{ kg} \quad (10)$$

kde: m je hmotnost krabice, n_{kd} je max. počet krabic na dopravníku

Dále je potřeba spočítat váhu bočnic a válečků, protože tyto komponenty můžou zásadně ovlivnit bezpečnou nosnost stojanů.

Hmotnost bočnice	28,5 kg
Hmotnost válečku Rollerdrive	1,7 kg
Hmotnost hnaného válečku	1,1 kg

Tab. 5.3: Hmotnosti pro výpočet zatížení

Celkové zatížení dopravníku:

$$\begin{aligned}
 m_c &= m_d + 2 \cdot m_b + 8 \cdot m_{hc} + 32 \cdot m_{hn} = \\
 &= 600 + 2 \cdot 28,5 + 8 \cdot 1,7 + 32 \cdot 1,1 = 705,8 \text{ kg}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

kde: m_d je max. zatížení dopravníku, m_b je hmotnost bočnice, m_{hc} je hmotnost hnacího válečku, m_{hn} je hmotnost hnaného válečku

Váha je rovnoměrně rozložena na celý dopravník, proto při použití čtyř stojanů je zabezpečena dostatečná nosnost.

Bezpečnost nosnosti stojanů:

$$k_{ns} = \frac{4 \cdot 200}{m_c} = \frac{4 \cdot 200}{705,8} = 1,13
 \tag{12}$$

kde: m_c je celkové zatížení dopravníku

Při použití v praxi bude bezpečnost o dost vyšší, protože prakticky není možné zajistit, aby přepravované balíky jely těsně za sebou, a taky maximální hmotnosti 30 kg budou dosahovat balíky pouze výjimečně. Z toho důvodu bezpečnost nosnosti stojanů je vyhovující.

5.11 Řídicí jednotka

Řídicí jednotka je použita od firmy Interroll, konkrétně DriveControl 2048.



Obr. 5.15: Řídicí jednotka [17]

Tato jednotka slouží pro jednoduché ovládání pro RollerDrive EC5000. Neobsahuje žádnou logiku a vyžaduje externí signály. Digitální vstupy a výstupy slouží jako rozhraní k nadřazené regulaci. Signály umožňují nastavení směru otáčení a rychlosti v sedmi krocích.

Jednotka pracuje s napětím 24 nebo 48 V a je vhodná na aplikace s maximálním počtem 10 válečků RollerDrive.

Na dopravníku je jednotka připevněná pomocí šroubů k bočnici. Každý váleček RollerDrive je napojen na tuto řídicí jednotku, proto je jednotka umístěna vždy v blízkosti válečku. Na dopravníku je osm řídicích jednotek.

Celkové a připojovací rozměry řídicí jednotky viz. Příloha VII.

5.1 Zdroj

Pro zavedení energie do systému je potřeba zdroj. Zdroj je vybrán Interroll HP5448. Je to třífázový napájecí zdroj pro napájení stejnosměrného napětí 48 V. Kryt dosahuje ochrany IP54, což je velmi dostačující pro dopravník. Centrální přívod napětí šetří náklady na rozvaděče a umožňuje velmi krátké vedení. Vzhledem k vysoké úrovni přetížení je napájení přizpůsobena požadavkům RollerDrive EC5000. Tím je zajištěno napájení několika RollerDrive spuštěných současně.



Obr. 5.16: Zdroj [17]

Celkové a připojovací rozměry zdroje viz. Příloha VIII.

Pro uchycení zdroje napětí byl vytvořen plech. Plech má tloušťku 3 mm a je namontován na jeden ze stojanů dopravníku. Upevněn je pomocí čtyř šroubů.



Obr. 5.17: Uložení zdroje

6 Závěr

Cíle této bakalářské práce byly rozděleny do dvou částí. První část se věnuje analýze současného stavu a druhá část pak navržení válečkového dopravníku pro robotizovaná pracoviště, který bude sloužit pro přepravu krabic na poště.

V úvodu práce je vypracovaná rešerše, která popisuje aktuální stav v dopravnících. Dopravníky jsou nejdříve rozděleny podle toho, zda mají tažný element nebo ne. U obou skupin jsou uvedeny příklady různých dopravníků s popisem základních prvků konstrukce a využití. Dopravníky válečkové jsou pak dále rozděleny a popsány podle druhu pohonu.

V druhé části práce je návrh a konstrukce válečkového dopravníku. Základem dopravníku jsou dvě bočnice vytvořené z ohýbaných plechů. Mezi ně jsou namontovány válečky od firmy Interroll, konkrétně hnací válečky EC 5000 a hnané válečky Serie 3500. Válečky mají na koncích závit, do kterých se montují šrouby pro připevnění k bočnici. Všechny válečky mají zakončení pro řemínky PolyVee, pomocí kterých je zaručeno otáčení hnaných válečků. Tato konstrukce je uložena na čtyřech stojanech s nastavitelnou výškou. Dále jsou na bočnici namontovány řídicí jednotky, které zajišťují řízení hnacích válečků. Pro přívod energie je na stojanu umístěn zdroj. Zdroj zajišťuje napájení řídicích jednotek a hnacích válečků.

Tento vytvořený dopravník má možnost spojení více částí k sobě. Jednotlivé dopravníky lze spojit pomocí šroubů umístěných na kraji bočnic. Pro použití v této bakalářské práci jsou kvůli velké požadované délce spojeny 3 dopravníky.

Seznam použité literatury

- [1] Rozdělení dopravníků. *DOCPLAYER* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/3161279-Rozdeleni-dopravniku-dopravniky-bez-tazneho-elementu-podvesne-koreckove-pohybliva.html>
- [2] DRAŽAN a FRANTIŠEK. *Teorie a stavba dopravníků*. Praha, 1983.
- [3] GAŠPARÍK, Miroslav a Milan GAFF. *Manipulační a dopravní technika I*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2016. ISBN 978-80-213-2619-4.
- [4] Dopravníkové systémy v průmyslu. *Automatizace.hw* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/dopravnikove-systemy-v-prumyslu-1-dil.html>
- [5] VÁLEČKOVÉ DOPRAVNÍKY. *LOGSYS* [online]. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://www.logsys.cz/cs/valeckove-dopravniky>
- [6] How to Build a pyramid. In: *tes* [online]. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://www.tes.com/lessons/IPvOSNGvSHwQ3g/how-to-build-a-pyramid-connor-durbin>
- [7] Pásový dopravník. In: *Manutan* [online]. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://www.manutan.cz/cs/mcz/pasovy-dopravnik-sirka-110-mm-nosnost-20-kg-m>
- [8] Dopravníky s článkovým řetězem. In: *ALVARIS* [online]. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://www.alvaris.eu/cz/dopravniky/retezove-dopravniky/dopravniky-s-clankovym-retezem>
- [9] Bucket Conveyor. In: *indiamart* [online]. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/bucket-conveyor-19769691333.html>
- [10] Podvěsné dopravníky. In: *spvyroba* [online]. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://spvyroba.cz/podvesne-dopravniky/>
- [11] Eskalátor. In: *ESTAV* [online]. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/4783.eskalator-pohyblive-schody-si-nechal-pred-125-lety-patentovat-jesse-reno>
- [12] Válečkové dopravníky. *HABERKORN* [online]. [cit. 2020-02-02]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/valeckove-dopravniky/>
- [13] DOPRAVNÍKY #2. In: *tariff* [online]. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://tariff.cc/cs/t/dopravn%C3%ADky!2>
- [14] Válečky pro řetězem poháněné dopravníky. *I-tes* [online]. [cit. 2020-02-02]. Dostupné z: <http://www.i-tes.com/profile/valecky-pro-retezove-dopravniky--kusove-materialy--5029>

- [15] Vibrator Conveyor. In: *indiamart* [online]. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z:
<https://www.indiamart.com/proddetail/vibrator-conveyor-12366006862.html>
- [16] *Přesuvna palet*. Brno, 2008. Bakalářská práce. VUT. Vedoucí práce Ing. Přemysl Pokorný.
- [17] CONVEYOR ROLLERS, ROLLERDRIVE, CONTROLS. *INTERROLL* [online].
 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z:
https://www.interroll.com/fileadmin/user_upload/Downloads__PDF_/Rollers/Catalog_2018/Conveyor_Roller_Catalog_EN.pdf
- [18] Dopravník DP500. *FEIFER* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z:
<https://www.feifer.cz/dopravnik-dp500-plast-val-d-1000-mm-p-100-mm>
- [19] *Provozní návod: Interroll RollerDrive EC310*. *INTERROLL* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z:
https://www.interroll.cz/fileadmin/products/cs/Resources_pdf_568810251.pdf
- [20] Zjednodušení portfolia balíkových služeb. *Česká pošta* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.ceskaposta.cz/sluzby/baliky/cr/zjednoduseni-portfolia-balikovych-sluzeb>
- [21] EC 5000. *INTERROLL* [online]. [cit. 2020-05-07]. Dostupné z:
<https://www.interroll.cz/produkty/pohony-a-rizeni/rollerdrive/ec-5000-oe-50-mm-cylindrical-ip54-for-0-to-40-c/>
- [22] HUŇAŘ, Jan. *Válečkový dopravník s odpojitelným pohonem* [online]. 2016 [cit. 2020-05-13]. Bakalářská práce. VŠB - TUO. Vedoucí práce Ing. Robert Brázda, PhD.
- [23] Kruhové a klínové řemeny. In: *Dopravni-pasy* [online]. [cit. 2020-05-16]. Dostupné z: <http://www.dopravni-pasy.cz/kruhove-a-klinove-remeny.html?photoId=126>

Seznam příloh

Příloha I: Výrobní výkres – Bočnice 1

Číslo výkresu: ZAJ0099-BP-01

Příloha II: Výrobní výkres – Bočnice 2

Číslo výkresu: ZAJ0099-BP-02

Příloha III: Výrobní výkres – Úchyt zdroje

Číslo výkresu: ZAJ0099-BP-03

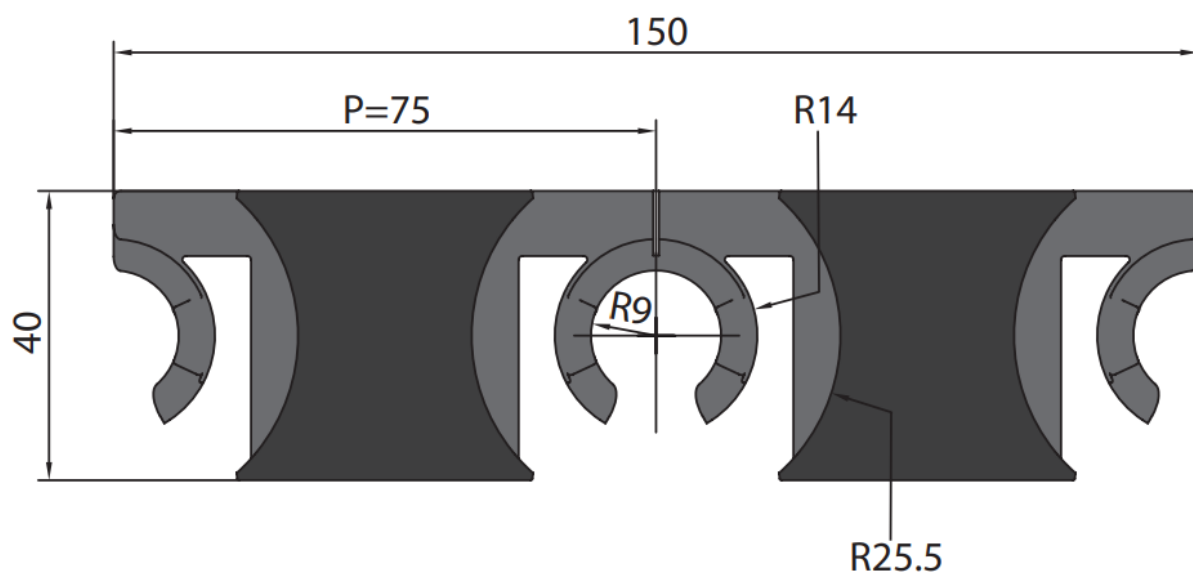
Příloha IV: Výkres podsestavy – Dopravník

Číslo výkresu: ZAJ0099-BP-D1

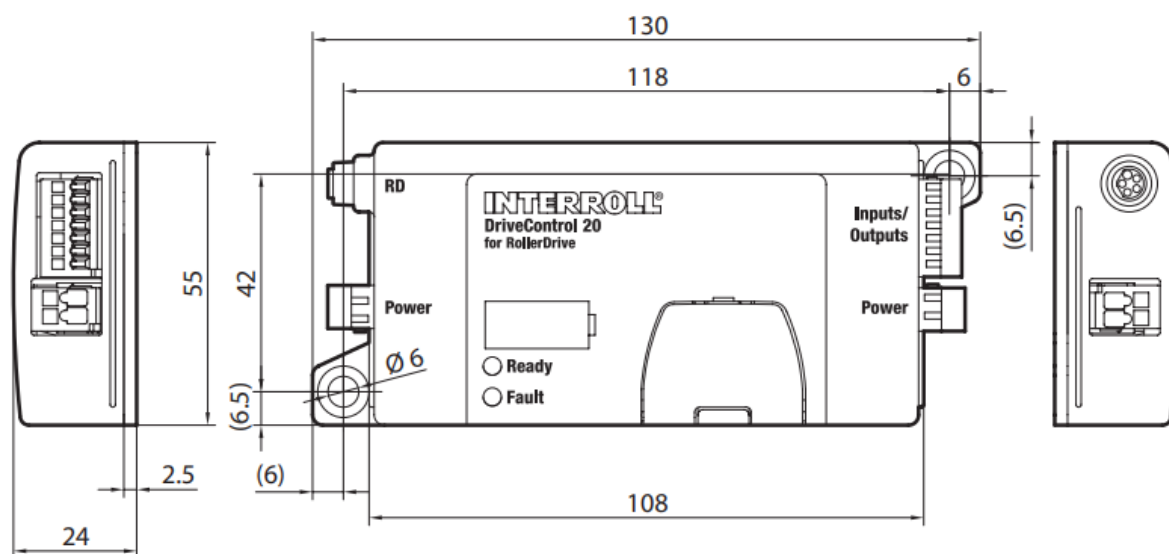
Příloha V: Výkres sestavy – Spojení dopravníku

Číslo výkresu: ZAJ0099-BP-D2

Příloha VI: Rozměry ochrany prstů pro rozteč 75 mm.



Příloha VII: Celkové a připojovací rozměry řídicí jednotky.



Příloha VIII: Celkové a připojovací rozměry zdroje.

